

NEDO水素・燃料電池成果報告会2024

発表No.B2-4

水素社会構築技術開発事業/ 地域水素利活用技術開発/ 福島県内におけるグリーンガラスの製造を核とした 分散水素供給・利用システム技術開発

| | |
|------|--|
| 発表者名 | 今 俊史 |
| 団体名 | 株式会社巴商会 山梨県企業局 ヒメジ理化株式会社 株式会社やまなしハイドロジェンカンパニー |
| 発表日 | 2024年7月19日 |

連絡先：株式会社巴商会
TEL : 03-3734-0511
URL : <https://h2energy.tomoeshokai.co.jp>

事業概要

1. 期間

開始 : 2022年12月

終了（予定） : 2026年3月

2. 最終目標

- ・ P2Gシステムから生成される水素・酸素を用いた半導体用産業向け石英ガラス製造工程の脱炭素化
- ・ 大規模P2Gの東北地方への適用および総合的な経済性を追求する運転システム（EMS）の開発導入
- ・ マルチパーパスな地域水素ロジシステム開発

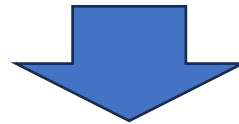
3. 成果・進捗概要

- ・ P2Gシステムの規模を、調整力実証に必要な規模の観点、地域水素利活用モデルの確立に必要な実証規模の観点、経済性の観点から検証を行い、**14.8MW**以上と確定
- ・ バーナー設計と制御技術開発のために、具体的な品質評価方法・バーナー・装置についての概略設計及び計画作成が完了し、バーナー等の資材について調達手配を開始
- ・ マルチパーパスな地域水素ロジシステム開発のために、需給バランスイメージおよびシステムブロック図を作成し、現時点で予定通り進捗
- ・ P2Gから生成される水素および酸素を、消費するまでの一連の概略フロー図を作成

1. 事業の位置付け・必要性

日本国におけるエネルギー関連施策の歴史は古く、第一次石油ショック後の新エネルギー開発の原点である1974年の「サンシャイン計画」から始まり、1993年の「WENET計画」、そして2002年の「エネルギー政策基本法」を基に、現在は「第6次エネルギー基本計画」が閣議決定された。第6次エネルギー基本計画では、第5次エネルギー基本計画策定時からの情勢の変化とともに、安全（Safety）、エネルギーの安定供給（Energy Security）、環境への適合（Environment）、経済効率性（Economic Efficiency）のエネルギー政策の基本的視点「S+3E」の確認が示された。さらに、関係省庁と連携した「2050カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定され、グリーン成長戦略が更に具体化されている。省エネルギー技術は依然重要であるが、国内総生産（GDP）の増加に対して省エネ技術努力だけでは足りず、再生可能エネルギーと組み合わせて安全・安定供給・環境適合・経済効率性も確認して脱炭素化を進めていくことになる。

その中で水素の立ち位置は、前述の第6次エネルギー基本計画では、産業・業務・家庭・運輸部門においては、徹底した省エネルギーによるエネルギー消費効率の改善に加え、脱炭素化された電力による電化という選択肢が採用可能な分野においては電化を進めることが求められる。一方、電化が困難な熱需要や製造プロセスにおいては、水素などの利用や革新的技術の実装が不可欠となるとされ、例えば、水素は、余剰の再生可能エネルギー等の電力を水素に転換し、産業・業務・家庭・運輸部門で活用することで、セクターカップリングによる脱炭素化にも貢献することが可能とする特性を持ち、化石燃料の代替として脱炭素社会の広い分野で貢献できる、カーボンニュートラルに向けた選択肢の一つであるとされた。エネルギー情勢は、国際的な状況の変化に伴う資源価格の乱高下による将来のエネルギー供給リスクが顕在化し、グローバルサプライチェーンの脆弱さが露呈されている。さらに自国の自然災害対応やサイバー攻撃によるエネルギーサプライチェーン不安もあり、エネルギー安定供給や早期復旧の体制構築の重要性を再認識した。そのためエネルギーシステムの強靱化が必要であり純国産エネルギーの重要性がより増している。



- ◆純国産再生可能エネルギーによるグリーン水素の地域利活用モデルの確立
- ◆寒冷地に対応する大規模PEM水電解装置の運転実証
- ◆高純度要求に対応するオンラインP2Gシステム適合

1. 事業の位置付け・必要性

◆福島県における再生可能エネルギー

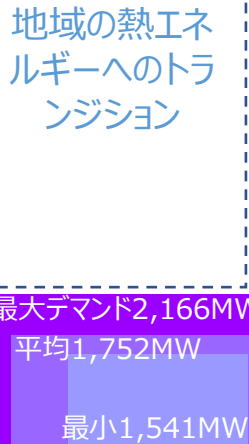
- ✓ 「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン2021」によると、2020年末時点での再エネの設備容量は約6,817MWであり、2030年にはさらに約1,600MWの容量を追加で増加させることを目標として掲げている。
- ✓ 他方で福島県内の現状の系統の空き容量としては、超概算で765MW程度（東北電力ネットワーク参照）であり、また、東北地方においても、福島県外において約1,800MWの容量が増えていく計画となっている。
- ✓ 東北地方と関東地方を接続する福島県は再エネが集約され、再エネ需給の調整能力の整備が必要不可欠な地域となっている。

福島の再エネ導入状況

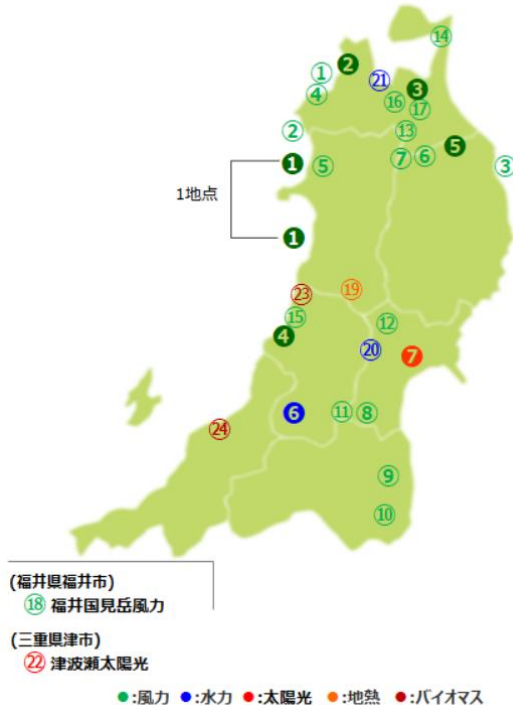
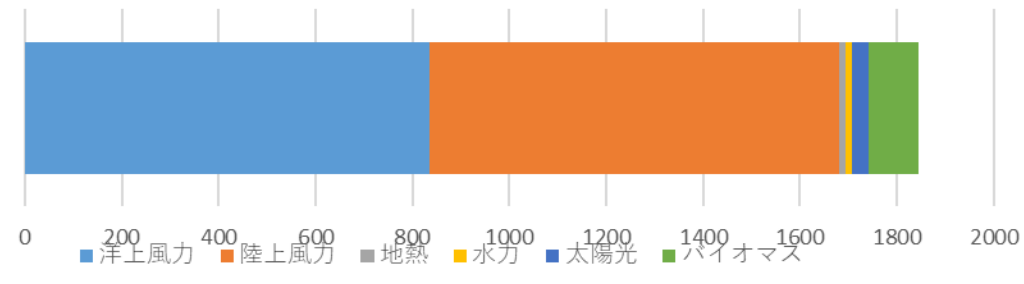
再エネ発電最大 6,817MW



福島県内最大電力需要 2,166MW



東北地方の再エネ導入状況



東北地方において出力抑制も発生している状況

| 供給区域 | 東北エリア（離島を除く） | | | | |
|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 指令日時 | 4月9日(土) 16時 | 4月16日(土) 16時 | 4月22日(金) 16時 | 4月23日(土) 16時 |
| 抑制実施日 | 4月10日(日) | 4月17日(日) | 4月23日(土) | 4月24日(日) | 4月30日(土) |
| 最大抑制量(※1) | 38.0万kW | 137.0万kW | 36.6万kW | 51.0万kW | 140.6万kW |
| 抑制時間 | 8~16時 | 8~16時 | 8~16時 | 8~16時 | 8~16時 |
| 東北電力ネットワーク公表サイト | 東北エリアの出力制御指示の内容を参照 | | | | |

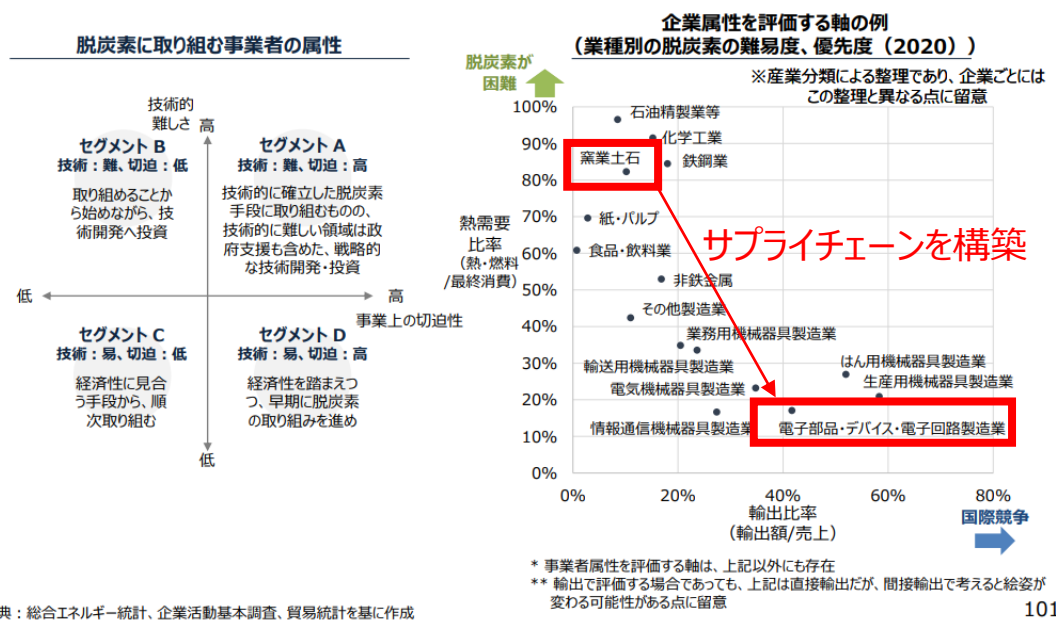
※東北エリアにおける再生可能エネルギー発電設備（自然変動電源）の出力抑制に関する検証結果の公表に先んじて（電力広域的運営推進機関）

1. 事業の位置付け・必要性

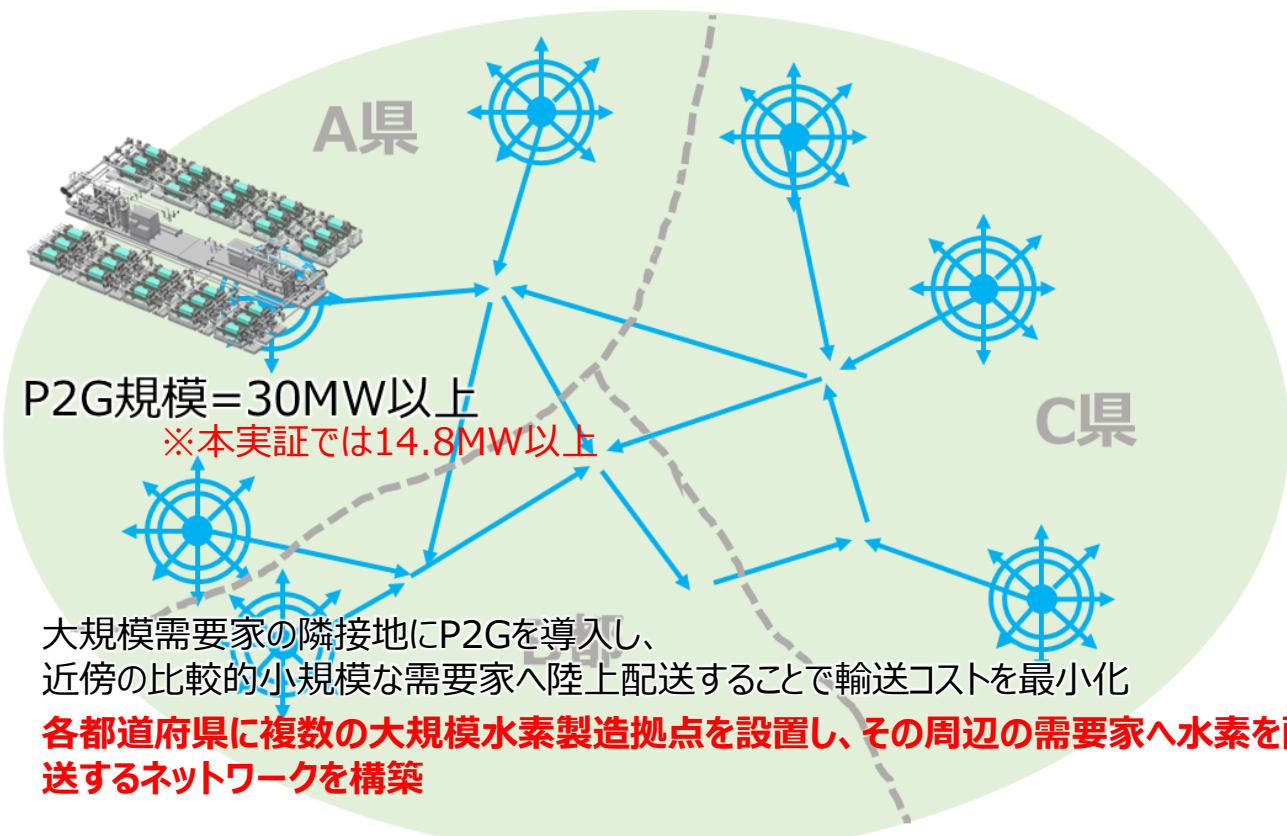
◆P2Gシステムを活用した産業・地域のグリーントランスフォーメーション（GX）モデルの構築

- 本事業においてPEM形P2Gシステムを導入するヒメジ理化田村新工場が代表する窯業土石産業は、他の産業と比較してエネルギーの最終消費に占める熱需要の割合が高い構造となっている。
- P2Gシステムを工場隣接地に導入することにより、地域の系統に対して調整力（DR）を提供しつつ、電化が困難な熱需要領域に対して、比較的安価な水素を供給可能。
- さらに余剰となる水素については周辺地域へ配送することにより、地域の水素利用を牽引することが可能となる。

企業属性ごとの熱需要によるトランジションの方向性のイメージ



ハブ＆スポークモデルのイメージ



石英ガラスは中間生産品であり、この産業分野の脱炭素化は最終製品である電子部品等製造業につながる技術であることから、本実証実証は、一つの産業に閉じるものではなく、日本の電子部品等の国際的な競争力を維持・拡大に資するGXモデルとなることも期待される。

1. 事業の位置付け・必要性

◆「福島イノベーション・コースト構想」への貢献

- 特に実証サイトにおいては、福島県の沿岸部においては、震災により被害を受けた地域等の産業を回復するために、新たな産業基盤の構築を目指す国家プロジェクト「福島イノベーション・コースト構想」により積極的な企業誘致を通して産業集積や高度化が図られている地域である。
- また、浪江町において世界有数（10MW）の水素製造施設「福島水素エネルギー研究フィールド（Fukushima Hydrogen Energy Research Field（FH2R）」が稼働し、県内においては燃料電池トラックなどの新しいモビリティを活用したまちづくりが検討されるなど、水素の地産地消の社会実装が進められている地域でもある。
- 加えて、山梨県と福島県は、地域におけるGXの先進モデル構築に向けて連携して取り組むことに合意。

福島イノベーション・コースト構想

各分野の研究拠点を活用し、
先端産業の集積を推進しています。

福島イノベーション・コースト構想 主要プロジェクト

「福島イノベーション・コースト構想」とは、東日本大震災及び原子力災害によって失われた浜通り地域等の産業を回復するために、新たな産業基盤の構築を目指す国家プロジェクトです。

Fukushima Innovation Coast Framework

「福島イノベーション・コースト構想」の主要プロジェクトは以下の通りです：

- プロジェクト 廃炉** (5〜6ページ)
国内外の知見を結集した技術開発。廃炉作業に必要な実証試験を実施する「産業実証技術開発センター」。
- プロジェクト ロボット・ドローン** (7〜12ページ)
福島ロボットテストフィールドを中心にロボット産業を集積。最先端のフィールドロボット。2021年にロボットの技術やアイデアを繋ぎ「ワールドロボットサミット」を開催。ロボットドローンの実証試験や操縦訓練の場として、浜通り各地を紹介。
- プロジェクト エネルギー・環境・リサイクル** (13〜14ページ)
先進的な再生可能エネルギーリサイクル技術の確立へ。浜通り地域等において、再生可能エネルギーの貯蔵かつ貯蔵への導入促進を図るとともに、廃棄物処理やエネルギーの有効利用促進を図る「再生可能エネルギーの導入を促進」。燃料電池自動車等の事業もモビリティの普及に対応する多業態ステーション。
- プロジェクト ICTやロボット技術等を活用した農林水産業の再生** (15〜16ページ)
ICTを活用し、浜通りの花や野菜栽培に活用。研究開発でも高い精度で栽培の品質向上を図る。優秀な人材を育成し、付加価値の高い産品を製造する「福島農業産品加工センター（FLAM）」。
- プロジェクト 技術開発支援を通じ企業の販路を開拓** (17ページ)
「医療関連」。
- プロジェクト 「空飛ぶクルマ」の実証や航空宇宙** (18ページ)
航空宇宙産業の技術交流や普及、普及を目的に開催している「航空宇宙フェスタ」。

(公益財団法人福島イノベーション・コースト構想推進機構「福島イノベーション・コースト構想2022」)

福島県と山梨県との基本合意の締結



(左：山梨県知事 長崎幸太郎、右：福島県知事 内堀雅雄)

「水素を活用した地域におけるグリーントランスフォーメーションの先進モデル構築に向けた基本合意書」を締結。本実証事業は当該合意の中核事業として位置づけられる。

2. 研究開発マネジメントについて

◆研究開発の目標と目標設定の考え方

| 研究開発目標 | 実施内容 | 根拠 |
|--|---|---|
| 研究開発目標[1] グリーンイノベーション基金事業の成果によるスケラブルなP2Gシステムによる東北地方への適用実証 | 石英ガラス製造に適合するオンサイト形10MW級P2Gシステムの技術開発 東北地方の気候、電力網の運用実態に適合するP2Gシステムの技術開発 電力系統の大きな余剰電力と、場内のP V電力を包括して扱うEMSの技術開発 | ・国内において10MW以上の水電解装置と産業利用及び周辺需要家への水素配送のドッキングについては存在しない ・特別高圧需要家（66kV以上）1万件のうち、10MW級の水電解装置が必要となる程度の熱需要である10ton/hの蒸気を必要とし、かつ再エネの導入による需給抑制が生じている地域に位置するという条件を満たす需要家においては、GXに向けてP2Gシステムを導入するメリットが非常に大きいため、該当する需要家数が10件程度存在すると想定 |

2. 研究開発マネジメントについて

◆研究開発の目標と目標設定の考え方

| 研究開発項目 | 実施内容 | 根拠 |
|--|--|--|
| 研究開発目標[2] 半導体産業向け石英ガラス製造工程の脱炭素化 | P2Gシステムと半導体産業向け石英ガラス製造工程用水素・酸素併給バーナーとの融合を目的としたバーナーの設計と制御技術開発及び実証 | <ul style="list-style-type: none">・石英ガラス業界において、製造工程にグリーン水素を導入し、脱炭素化した例はなく、且つ再生可能エネルギー由来のグリーン酸素の導入もない。顧客ではサプライヤーを含めた脱炭素活動はまだ初期段階であり、脱炭素技術を構築した先行対応者が競争力を獲得できる状況にある。・半導体製造装置の需要拡大予測に追従して、石英ガラス需要の増大することを予測している。石英ガラス製品のマーケットは直接納入分野をターゲットとしている。・石英ガラス産業は韓国や台湾など海外メーカーとの競争環境にあり、将来的に競合他社が追従してグリーン水素を導入することが予想され、グリーン水素需要の拡大に寄与することになるが、本研究開発におけるグリーン酸素の同時利活用は、脱炭素をさらに高次に発展させるものであり、水素・酸素を使用する産業にとっては最良のシステムである。 |

2. 研究開発マネジメントについて

◆研究開発の目標と目標設定の考え方

| 研究開発項目 | 実施内容 | 根拠 |
|--|------------------|---|
| 研究開発目標[3] マルチパーパスなN：Nの水素流通システムの経済圏内運用実証 | 地域水素ロジシステムの開発・実証 | <ul style="list-style-type: none">・高圧ガスにおけるN：Nロジスティクスシステムはまだない。P2Gの高圧水素製造における複数拠点の監理についてスマート保安を適用した例はない。200気圧のトレーラーが市場を寡占している。小規模需要家群へのエネルギー供給ネットワークによる脱炭素化は、地域創生につながる自治体の取り組みとの連携が必要である。・水素製造拠点が多数生じることで、水素の配給も充実してくる予想である。輸送能力増強とともに市場を拡大し、最も燃料転換が困難なLPG需要家群のエネルギー供給ネットワークへの対応も可能となる。・N:N搬送システムを構築することにより、不足するドライバー対応や、連続して使用できる水素量を大幅に増やすことで市場を獲得する。なお、現に産業用に流通している水素にも同じ期待がかかるので、エネルギー分野に限らず競合の置き換えで需要を創造することができる。特に東アジア域においては地域におけるエネルギー供給網の強化のために本取組の地産地消モデルの使用先として適地となる。 |

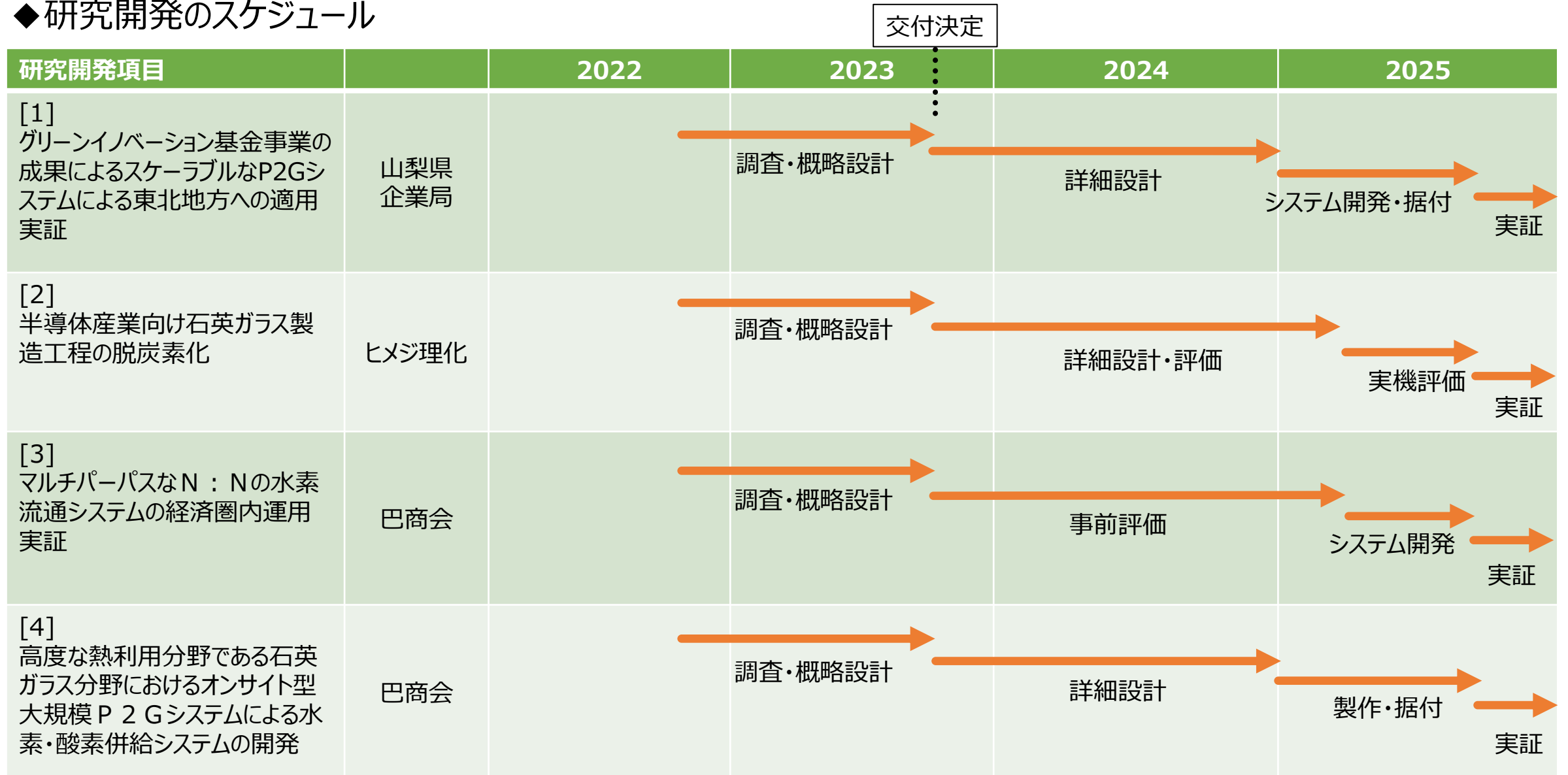
2. 研究開発マネジメントについて

◆研究開発の目標と目標設定の考え方

| 研究開発項目 | 実施内容 | 根拠 |
|---|---|--|
| <p>研究開発目標[4]</p> <p>高度な熱利用分野である石英ガラス分野におけるオンサイト型大規模P2Gシステムによる水素・酸素併給システムの開発</p> | <p>P2Gシステムから生成される水素のオルタネイトシステム工場利用マルチ圧力出荷設備の開発・実証</p> <p>水電解酸素の精製利用の開発・実証</p> <p>高度な熱利用領域への品質管理された水素・酸素併給システムの開発・実証</p> | <ul style="list-style-type: none">・国内において10MW以上の水電解装置と産業利用のドッキングについてはまだなく、かつ、水素・酸素併給利用についてもまだ実現されていない。今後GXを進めていく上で中核工場には必要な組み合わせである。・中核工場に代表される電子機器・情報機器製造・精密機器・化学・硝子については、水素と酸素ともに大量に使用されている。直近ではこれら工場は日本の主要産業であるため第一ターゲットとなる2030年のカーボンハーフに向けて導入が加速すると予想される。・国外からの水素供給システム付き水電解装置が輸入される可能性はあるが、国内技術の熟成により、競争力を持たせる。 |

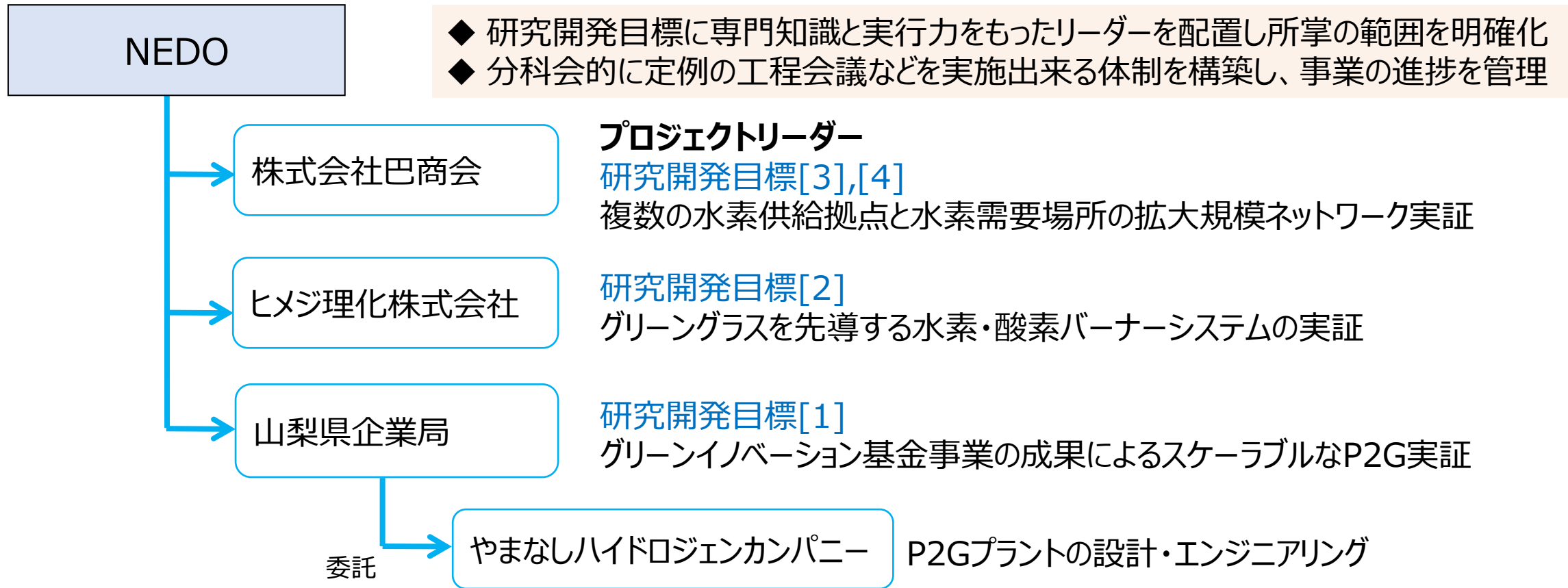
2. 研究開発マネジメントについて

◆研究開発のスケジュール



2. 研究開発マネジメントについて

◆ 研究開発の実施体制及び進捗管理

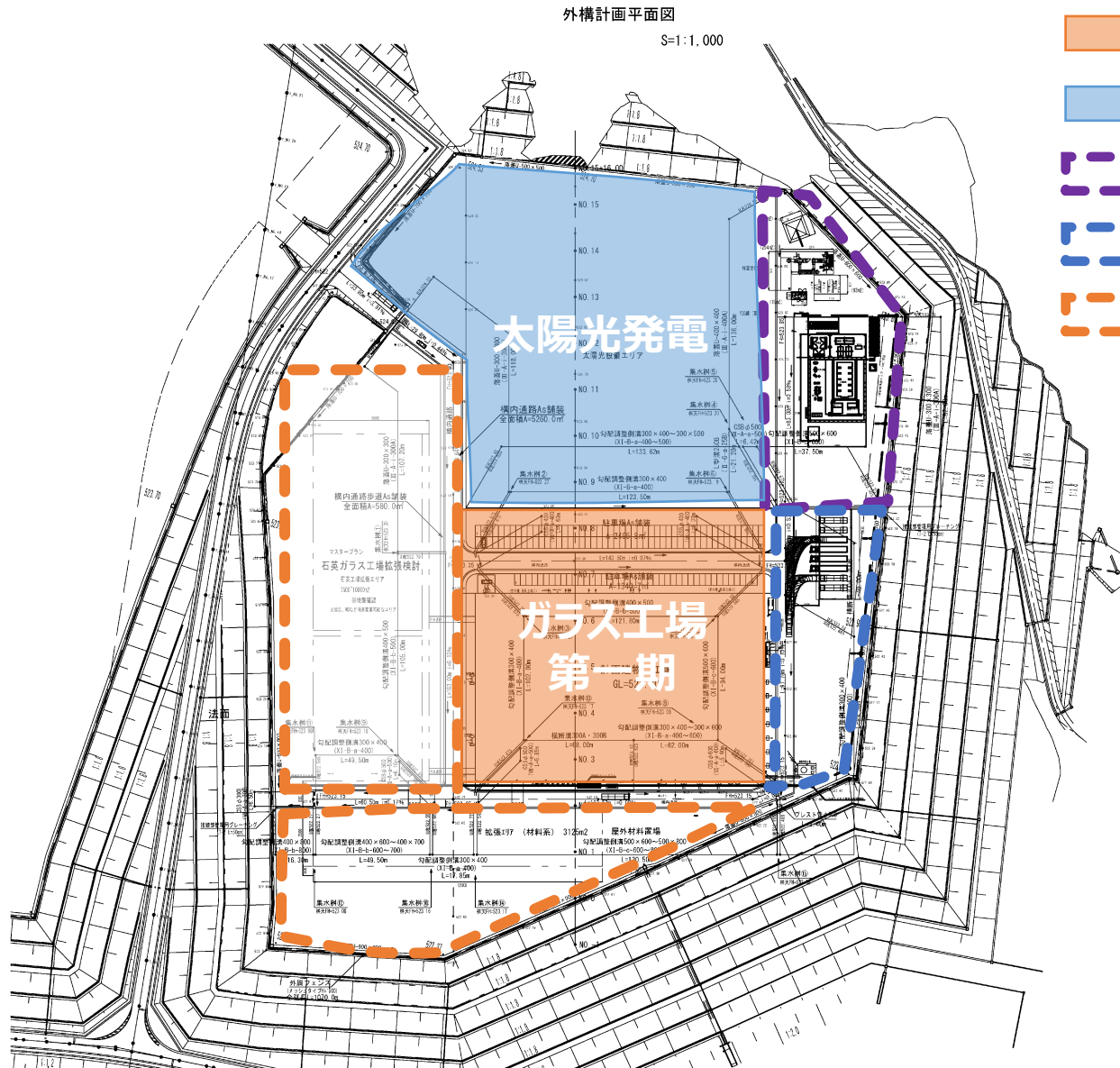







<実証研究協力>

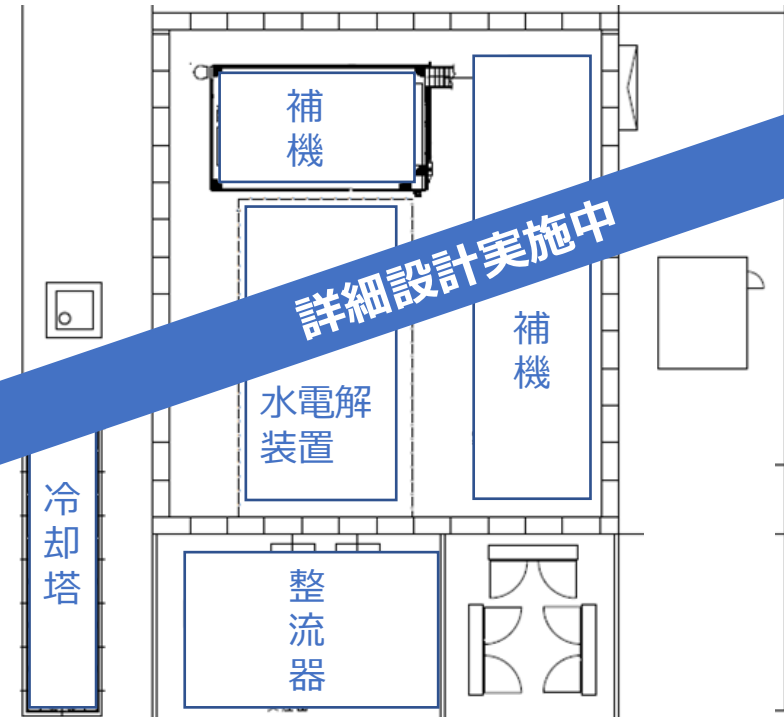
福島県、山梨県
東京電力ホールディングス株式会社
東レ株式会社

3. 研究開発成果について

◆ 配置計画



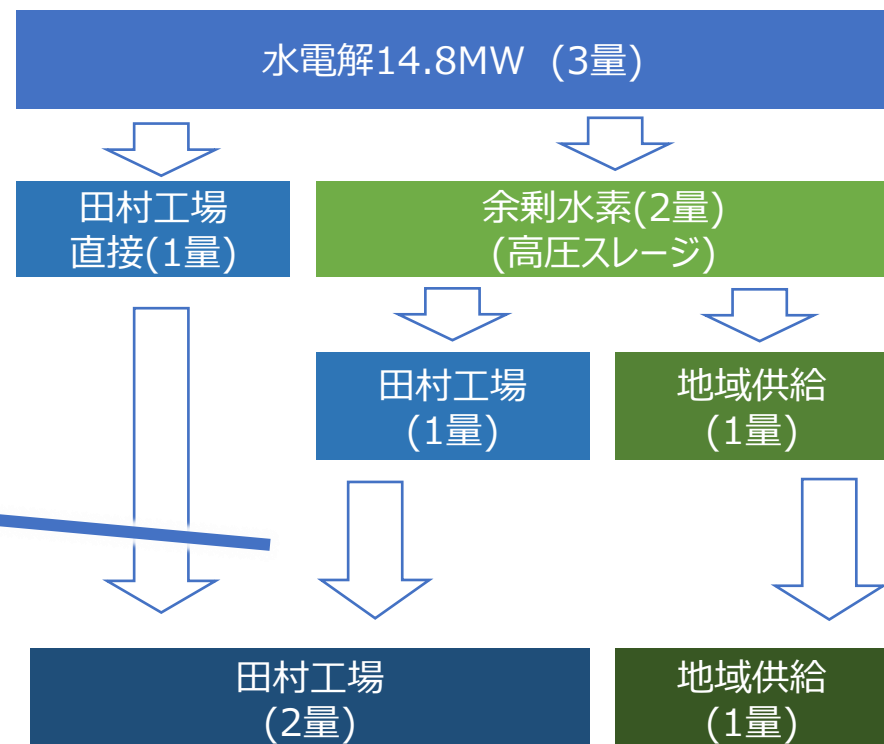
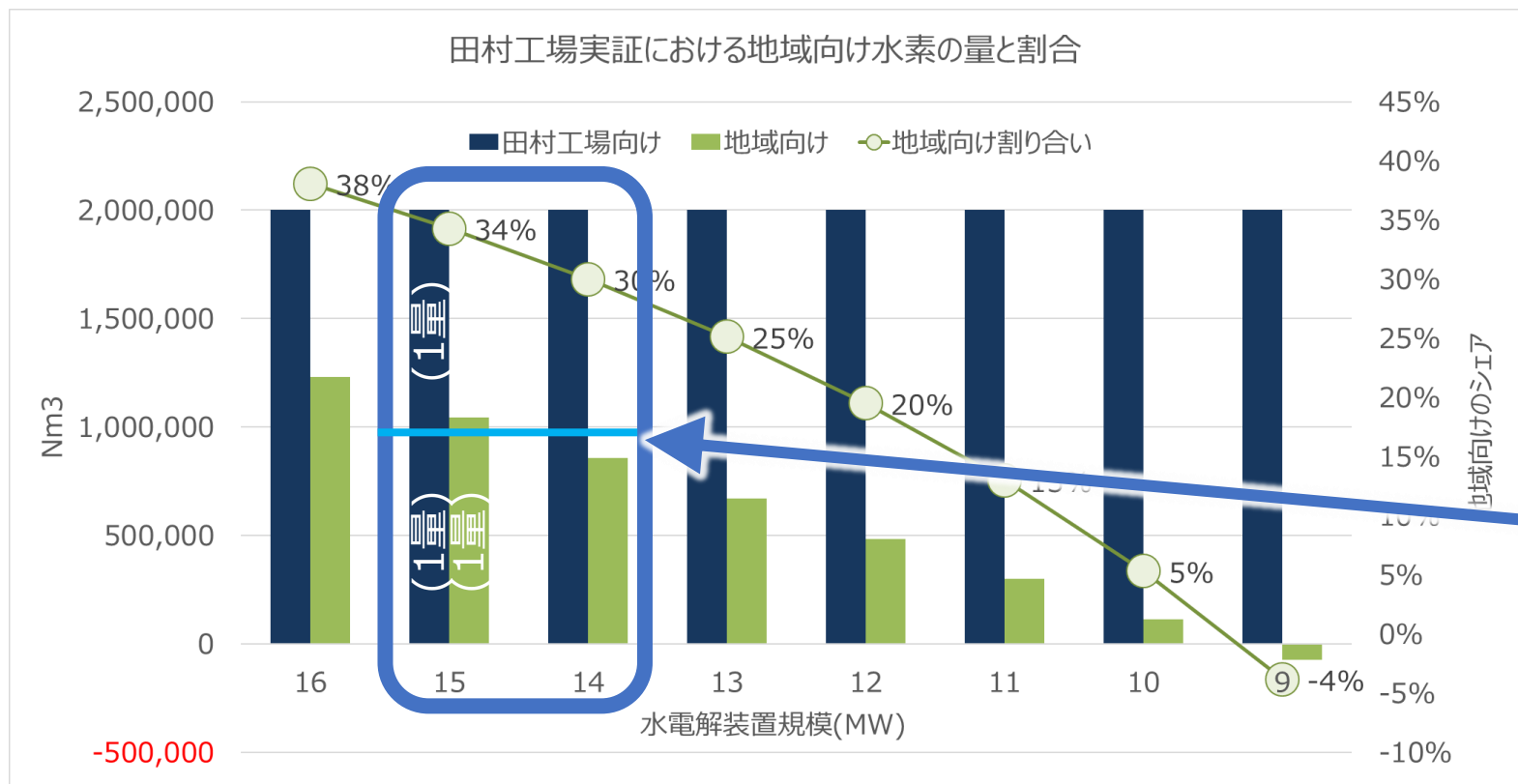
| | | |
|---|-------------|-----------|
|  | ガラス工場第一期 | 2,000kW |
|  | 太陽光発電 | 3,600kW |
|  | 水素製造事業 | 14,800kW~ |
|  | 高圧水素・酸素製造事業 | 2,000kW |
|  | ガラス工場第二期 | 2,000kW |



3. 研究開発成果について

◆P2G規模の検討

- ✓ 国の政策等により推進されている地域水素利活用モデル確立のための実証が本事業の目的であり、ここからの最適規模を検討。
- ✓ 余剰水素は、田村工場の利用システム向けと地域への供給向けであるので、高圧ストレージのバランスをとるため、地域向けと田村工場向けが1 : 1で均衡することが必要。
- ✓ グラフのとおり、余剰水素の地域配布量が田村工場の利用量の半分になる規模14.8MWが本実証における水電解の最適規模となる。

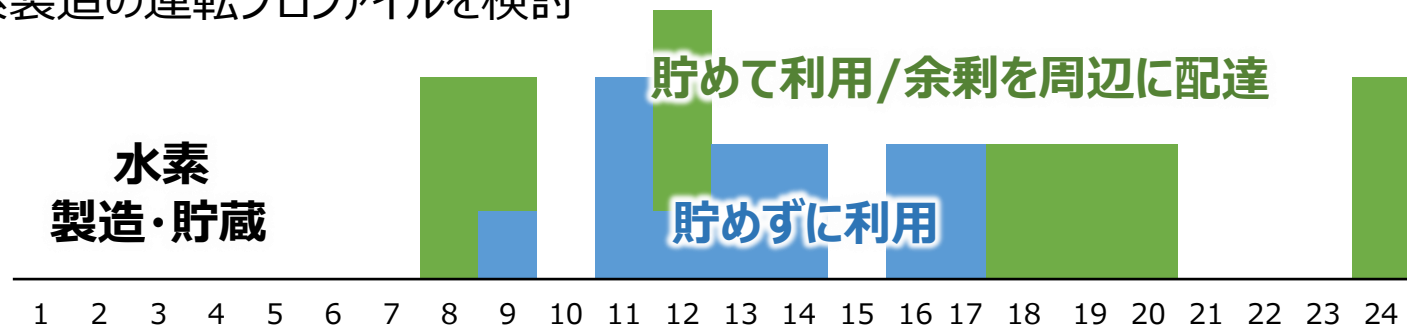


3. 研究開発成果について

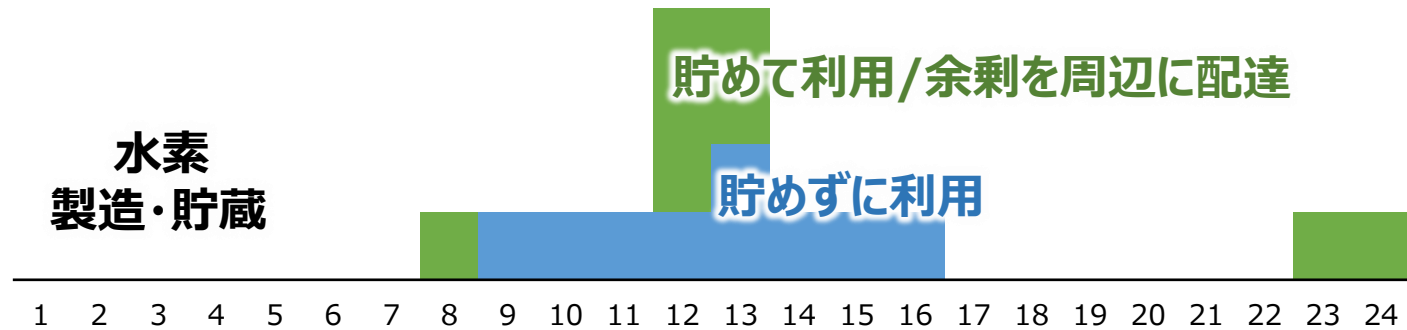
◆ 運転プロファイルの検討

- ✓ 年度ごとの電力価格の推移から水素製造の運転プロファイルを検討

2020年
の運転プロファイル



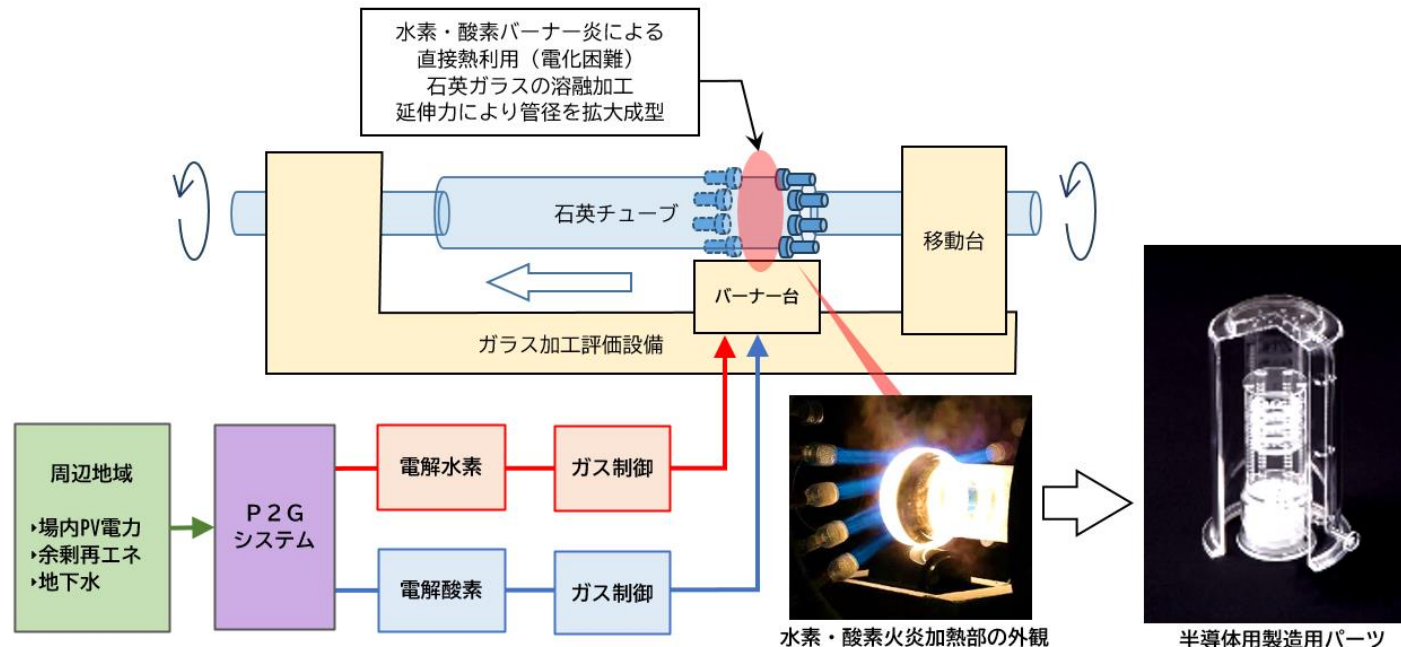
2022年
の運転プロファイル



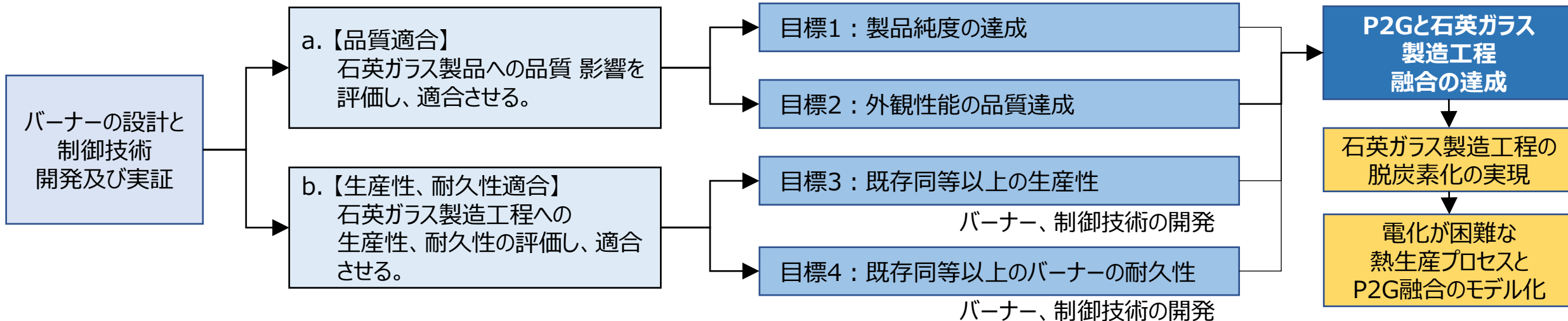
3. 研究開発成果について

◆ P2G適合バーナーの開発

- ✓ 半導体産業から要求される石英ガラス製品の品質基準に対する純度評価、および生産性、耐久性の適合評価計画を作成
 - 現在、評価機器の調達に移行
- ✓ 水分含有ガスを用いたリスクを想定し、生産性、耐久性の観点からP2Gに適合するバーナーと制御機構の設計設計を完了。
 - 現在、詳細設計及び事前試験計画、実証機器の製作に移行



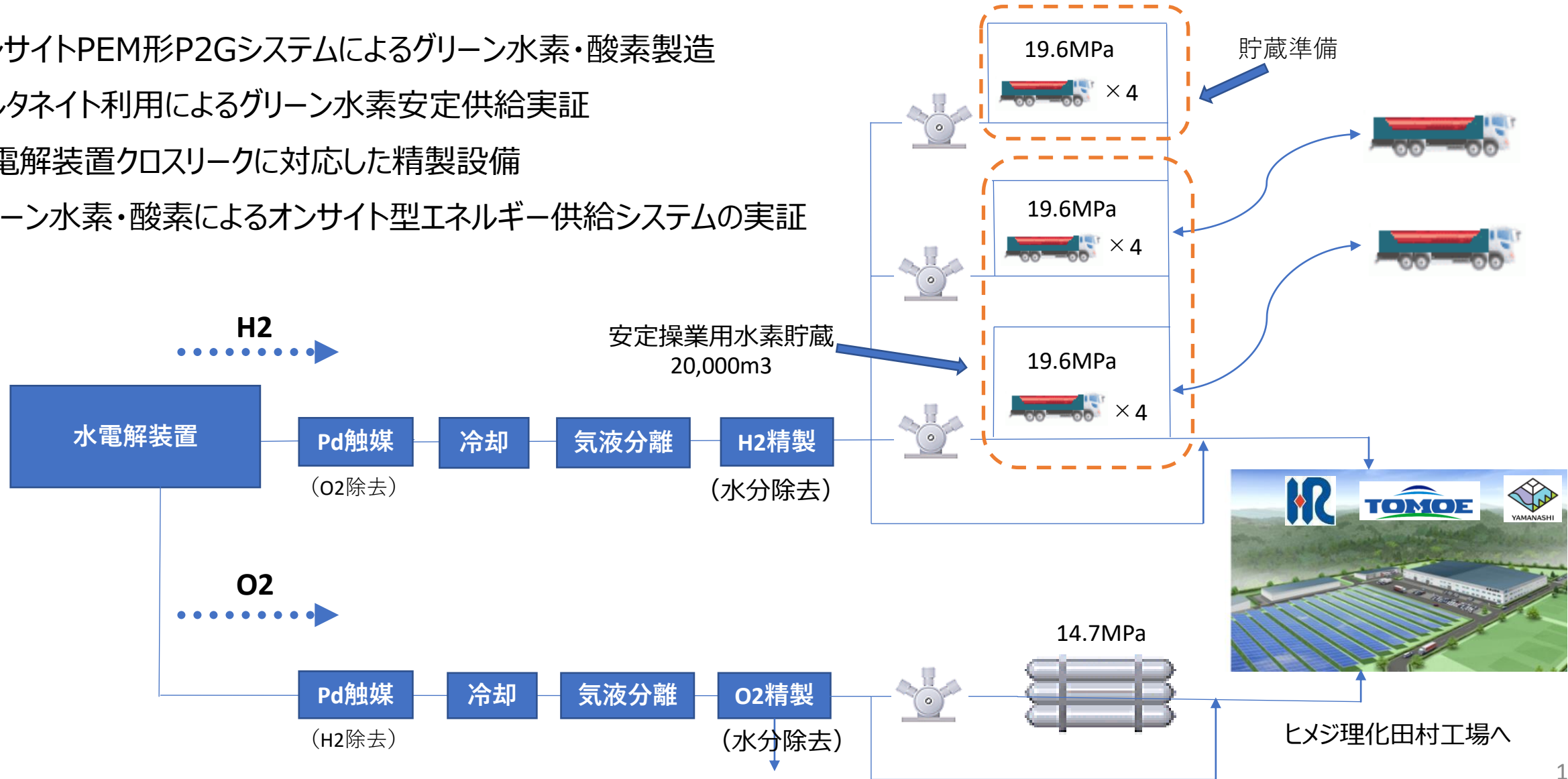
- 半導体用石英ガラス製造プロセスにおけるP2G適応水素・酸素バーナー実証概要図 -



3. 研究開発成果について

◆概略フロー図

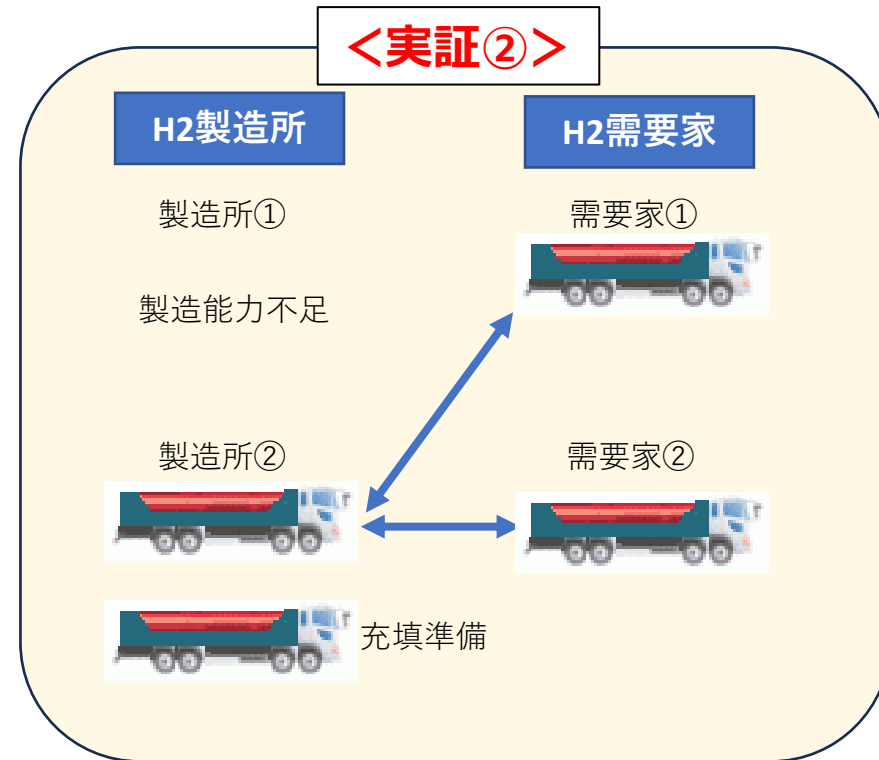
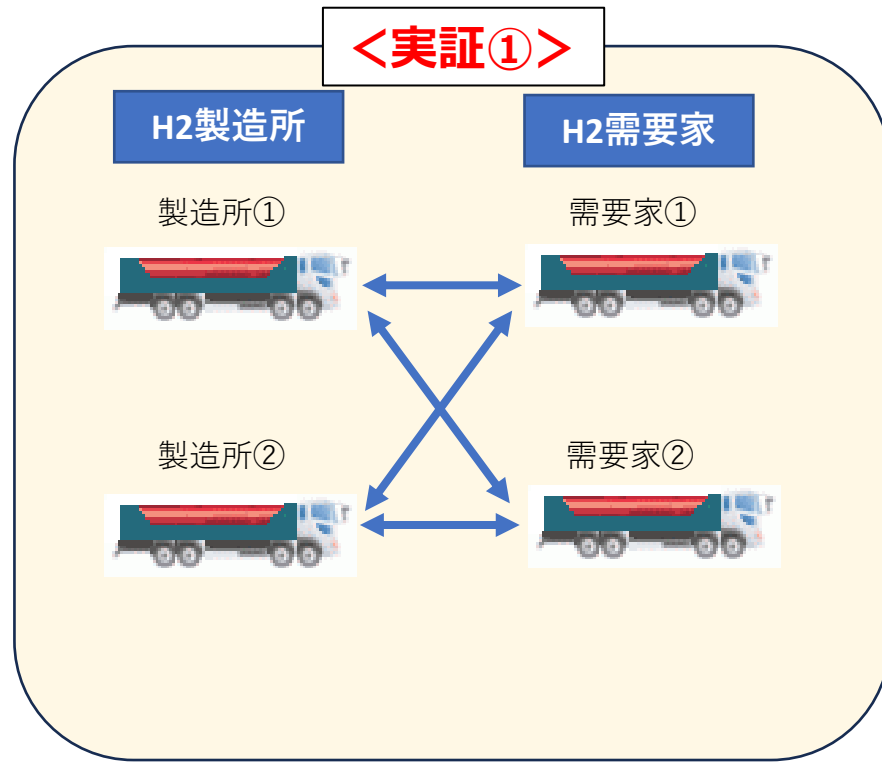
- ✓ オンサイトPEM形P2Gシステムによるグリーン水素・酸素製造
- ✓ オルタネイト利用によるグリーン水素安定供給実証
- ✓ 水電解装置クロスリークに対応した精製設備
- ✓ グリーン水素・酸素によるオンサイト型エネルギー供給システムの実証



3. 研究開発成果について

◆地域水素ロジシステム

- ✓ 複数の水素製造拠点と複数の需要家をつなぐN:Nロジシステム実証



実証①において、水素製造所が互いのトレーラーを充填することで、不安定に製造される水素の安定供給化につながる。実証②においては、片方の水素製造所が製造能力不足に陥った場合、もう片方の水素製造所にて充填することにより、一時的な不足分を補うことができる。ロジスティクスセンターにて水素製造情報と需要情報を収集することでN:Nロジスティクスを構築する。水素製造拠点は、ヒメジ理化田村工場にて2ヶ所の充填設備を用いて模擬する。互いのNが増加できるシステムを構築する。

3. 研究開発成果について

◆外部発表・広報の取り組み

- ★ 福島県再生可能エネルギー関連産業推進研究会 令和5年度 第1回水素分科会講演
日付：2023/7/19
参加機関：巴商会、ヒメジ理化、山梨県企業局
- ★ 福島国際研究教育機構 市町村（田村市）座談会に招待頂き出席。山崎理事長、他関係者に対して田村水素地域モデルの事業説明、意見交換を実施
日付：2023/8/29
参加機関：ヒメジ理化
- ★ 第12回ふくしま再生可能エネルギー産業フェア（REIFふくしま2023）へのブース出展
日付：2023/10/12-13
参加機関：山梨県企業局
- ★ 第12回ふくしま再生可能エネルギー産業フェア（REIFふくしま2023） 福島水素セミナー講演
日付：2023/10/13
参加機関：山梨県企業局
- ★ 第12回FC-Cubicオープンシンポジウム講演
日付：2023/12/6
参加機関：山梨県企業局
- ★ H2&FC EXPO-水素・燃料電池展へのブース展示
日付：2024/2/28-3/1
参加機関：巴商会、山梨県企業局

4. 今後の見通しについて

◆やまなしモデルP2Gシステムの展開（実用化・事業化のイメージ）

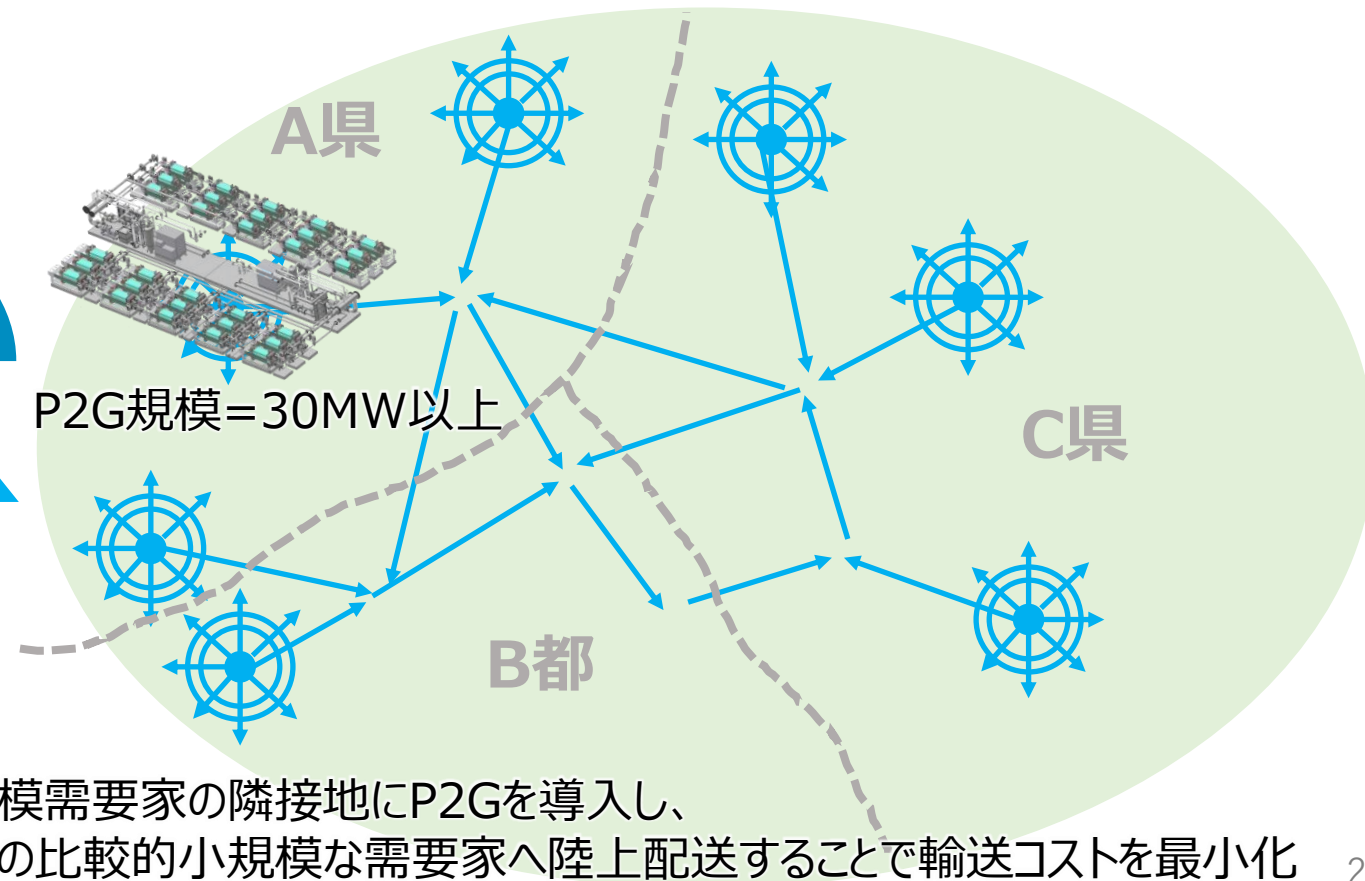
- 本実証により地域のGXモデルであるハブ＆スポークモデルが確立
- 大規模熱需要家が全国に分布していることから、ハブ＆スポークモデルの汎用性は極めて高く、グリーン水素利活用の普及モデルとなるとともに需要地近郊における産業への活性化効果が期待できる

大規模水素需要家の分布

ハブ＆スポークモデルの全国への展開



地域再エネ生産型（やまなしモデルP2Gシステム）



4. 今後の見通しについて

◆半導体産業向け石英ガラス製造工程の脱炭素化（実用化・事業化のイメージ）

- ▶ バーナー熱加工工程への採用、その他水素利用製造プロセスへの技術応用
- ▶ 再エネの地産地消、福島県内における他の工場へのP2G導入
- ▶ 半導体用石英ガラス製品のカーボンフットプリント低減に寄与した付加価値製品の市場投入
- ▶ 大手半導体製造装置メーカーおよび半導体製造メーカーへ販売し、半導体製造プロセスでの採用
- ▶ 半導体製造装置の部品としてグリーン水素を用いた脱炭素化の先駆的部品として展開



★ 田村工場 水電解装置



余剰再生可能エネルギーを
田村水電解で吸収が理想的

阿武隈高原
国内最大級風力発電 147MW



※イメージ

電力系統は関東側へ

「再エネと水素の福島の実現」

4. 今後の見通しについて

◆事業化に向けた課題と取り組み

| 項目 | 今後の課題 | 対応方針 |
|--------|--------------------------------------|--|
| P2G | 地域の再エネ・系統と熱需要が重なる“ハブ”の選定 | 全国からオフテーカーを公募 |
| | プロジェクトマネージャーの養成 | オフテーカーからの職員派遣受入による、事業立ち上げ時からの共同プロジェクトマネジメント |
| | 再エネ電源への投資促進 | P2Gシステムによる電力需要の提供 |
| | より市場に即した電力調達の仕組み | 既存事業におけるEMSの開発 |
| | 水素エネルギーの社会受容性の向上 | 既存アセットを用いた普及啓発活動の実施 |
| グリーン水素 | グリーンである価値を認証する制度 | グリーン水素証書の発行、GXリーグへの参画 |
| 高度熱利用 | 半導体産業の純度・外観品質要求に対するグリーン水素を用いた製品の品質適合 | 水分含有度に応じた品質評価の実施 製品純度及び外観等の品質評価の実施 |
| | グリーン水素の石英ガラス製造工程に対する生産性、耐久性への適合 | 想定される不具合リスクへの設計対応 水分除去構造設計、ガス吐出断面積の最適化 熱流体解析によるシミュレーション等 |

◆顕著な経済・技術・社会的な効果、人材育成の取り組み等

| 項目 | 内容 |
|-----------|--|
| (1) 経済的効果 | オンサイト水素、酸素供給による輸送コストカットで製品コスト低減に寄与 |
| (2) 技術的効果 | 水素、酸素をオンサイトで同時利活用する本技術は、脱炭素を高次に発展させた国産技術となり半導体製造装置部材の国際競争力の獲得に貢献 |
| (3) 社会的効果 | グリーン水素を活用した内陸部産業の脱炭素モデルとしてエネルギーの地産地消に貢献 |
| (4) 人材育成 | 水素関連技術の社会実装を推進している地元大学等から積極的に人材を採用し、将来的な本事業の担い手として育成する方針 |



経済産業省殿、
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術
総合開発機構（NEDO）殿の
御支援に感謝申し上げます。